

**平成 15 年度温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査**

**カンボジア・モントギリ高原におけるゴムノキ植林事業可能性調査**

( 概要版 )

**平成 16 年 3 月**

**丸紅株式会社**

## 1 章 調査の目的、実施工程および事業の基本構想

### 1.1 調査の目的、地域、体制および実施工程

#### 1) 調査目的

現在、長年に亘り放牧と野焼きを繰り返している草原地帯を大規模な二酸化炭素吸収源への転換を図る為、ゴムノキの植林事業を実施する。民間事業による持続可能な森林経営とする為、カーボンのクレジットの獲得及び副産物（樹液であるゴム樹脂及び 35 年後の改植時に発生する木質バイオマス）の販売により収益を得る CDM 事業を目指す。

#### 2) 調査の対象国、地域： カンボジア・モントギリ州

#### 3) 調査体制

- 国内実施体制：丸紅(株)、(株)関西総合環境センター、大成建設(株)、王子製紙(株)の 4 社
- 海外カウンターパート：カンボジア政府/農林水産省、環境省、開発協議会等

#### 4) 調査実施経過と実施工程

- 平成 15 年 7 月： 現地カウンターパートとの事前協議
- 平成 15 年 7 月～12 月： 植林に関するフィージビリティ調査
- 平成 15 年 9 月： 第 1 回現地調査
- 平成 15 年 11 月： 第 2 回現地調査
- 平成 15 年 12 月： 中間報告書提出
- 平成 15 年 9 月～平成 16 年 2 月： CDM に関するフィージビリティ調査実施

#### 5) 調査項目

- a. 事業地及び周辺地域の自然・社会経済環境
- b. ゴムノキ植林の技術及びコスト
- c. CDM 事業としての効果と評価

### 1.2 事業の基本構想

#### 1) 事業の概要

現在、長年に亘り放牧と野焼きを繰り返している草原地帯を、大規模な二酸化炭素吸収源に転換する為、モントギリ高原地帯（モントギリ州のセン・モヌロム市周辺）においてゴムノキの植林事業を実施する。民間事業による持続的な森林経営とする為、カーボンのクレジットの獲得及び副産物（樹液であるゴム樹脂及び 35 年後の改植時に発生する木質バイオマス）の販売により収益を得る CDM 事業を目指す。

#### 2) 事業指針

植林面積は当初 10,000ha を目標としたが、現地カウンターパートから提供された候補地の分析を行った結果、植林実施可能面積は 7,600ha であった為、今回のフィージビリティ調査には同面積を適用する。植林計画は 1 年目に 100ha、2 年目 500ha、3 年目 1,000ha と順次拡大し、4 年目以降 9 年目までは年 1,000ha として計 7,600ha とする。ゴムノキ植栽後 7 年目から副産物としてゴム樹脂採集を始め、ゴム樹脂浸出が減退する 35 年まで継続する。樹齢 35 年でゴムノキを伐採、改植・保育してゴムノキ植林地の持続的経営に努める。伐採時に発生する木材は炭化や家具等に再利用し、地域の多様な産業育成とする。

ゴムノキ植林技術については、高地での技術（育苗、整地、植栽、施肥、病虫害管理、除草、樹液採取、伐採）に可能な限り最新技術を導入し、ホスト国のゴムノキ植林事業の発展に寄与する。開発の遅れた地域でありインフラ整備が不十分の為、これらの構築に関与すると共に、教育インフラの整備に貢献する。又、高原地帯の下部には森林が広がっており野生生物保護区があること、自然観光資源があることから、これらと調和を図りながら環境影響を十分に考慮した開発とする。

### 3) 事業候補地の位置

7,600ha の候補地は、大部分がウ・リアン地区にあり、一部がセン・モヌロム地区に伸びている。

### 4) 事業の利点

- ・カンボジアにとって利点
  - 税収入、 地域社会での雇用の機会、 地域産業の開発
  - 継続的な開発、 技術移転、 効率的な土地利用、 土壌保護
- ・日本にとっての利点
  - 事業利潤、 カーボンクレジット、 地域開発活動

### 5) プロジェクトバウンダリー

プロジェクトバウンダリーは植林コンセッション地（植林権利地）である。植林コンセッション面積はおよそ 11,231 ha 程度と考えられるが、この中には河畔林、村落、村落の利用する二次林を含むため、これを除外すると植栽予定面積は 7,600 ha である。従って、プロジェクトバウンダリーは実際の植林地の他に、苗畑及び自然林と村落を含む。オペレーションのバウンダリーは、ゴムノキ植林事業およびゴムノキ樹脂の採取と樹脂の販売であり、ゴムノキ樹脂の加工事業は本件には含まれない。

## 2 事業地周辺の自然および社会経済環境の概要

### 2.1 事業地周辺の自然環境

モントギリ州は首都プノンペンの北東約 390km に位置し、海拔 600～800m の高原地帯で、面積は 1,468,200ha である。気候は典型的な熱帯モンスーン気候で、雨季が 6～10 月、乾季が 11～5 月と明瞭に分かれる。年間の総雨量は 2,268 mm、年間の平均温度は 23.7 度。総雨量からみると植物の生育には何ら問題がないが、乾季が 7 ヶ月続くので一部の植物にはやや厳しい条件である。強い風はこの州の大きな問題であり、特に乾季に北東の風が強い。

この州には大きな湖や州を横切るような川は無い。住民は小川や用水路の近くに集落を形成しこれらの水源を利用しているが、遠方の高地で生活する住民は、伝統的な池や井戸を使用している。同州の主要な植生は森林であり、その面積は 1,122,200ha で州面積の 76.4%を占める。森林の大半は熱帯季節落葉林であり、乾季に短期間だけ落葉する熱帯半常緑林が点在し、熱帯常緑林は南部のベトナム国境付近の山地帯にまとまって分布するが、度重なる内戦のために十分な森林管理がなされず、開拓の進行で急激に減少している。同州の森林保全区と野生生物保護区は 7 ヶ所指定されている。

モントギリ州に分布する土壌は 4 種の熱帯ラテライト土壌で、いずれの土壌も東南アジアに広く分布する。物理性があまり良くなく粘土質であり、肥沃性はやや低く pH は 3.9 前後であるが、養分の保持性は期待でき耕作活動は可能である。

### 2.2 事業地周辺の社会経済状況

行政管理地区は 5 地区で構成され、21 のコミューンと 90 の村に分かれている。州長官や地区の指導者は中央政府の承認に基づき内務省によって任命され、地区委員会が開発を計画し実施する権限を有している。

モントギリ州はカンボジアで最も人口の少ない州で、1999 年現在 36,300 人、人口密度 2.5 人 / k m<sup>2</sup> である。前年比の人口増加率は 12%で、国全体の平均増加率 2.4%を超えており、それは他州からの移住者増によるものである。同州には 11 の民族が住んでおり、人口が多いのはプノン人で 62.6%、続いてクメール人が 26.5%となり、この 2 民族で 90%近くを占める。クメール語が公式のものだが全ての部族が自分の言語を持っているモントギリ州の教育水準は学校数、通学生徒数など平均以下であり、教育向上は大きな課題である。

この州には工場、手工業、発電所や他の大きな産業活動は見られない。同州にはこれ

まで3つの外国投資会社が事業を企図したが、いずれも成立しなかった。林業では伐採コンセッションが企業に与えられてきたが、政府は環境保全と持続的開発政策により森林の伐採禁止を打ち出し、伐採コンセッションを取り上げた。植林は少ない。

農業では稲作地は北部にのみ広がり、南部のウー・リアン地区とセン・モヌロム地区はわずかしかない。逆に草地は後者2地区のみに広がっており、本植林事業候補地になっている。住民の多くは1~2haの零細な農業を営んでいる。ゴムノキ植林は小規模に実施されたが、あまり成功していない。果樹は最近になって他の地域からの移住者が始め、換金果樹を多種少木植えている。野菜や季節作物の生産は自家消費が中心で、高価な野菜や市場に出されるものは少なく、ベトナムからの輸入に依存している。土地は全て政府が所有しているが、土地の所有や占有に関しては、少数民族が昔から住んでいたこともあり複雑な面がある。

観光産業では、自然や住民の伝統に関心のある海外からの観光客があり、観光客数は年々増加している。交通輸送網はプノンペンからモントギリまで国道があるが、州にはまだアスファルト道路がなく、アクセスの悪さが市場性の障害の一つである。

### 2.3 政府の温暖化対策への対応

カンボジアは1995年12月に国連気候変動枠組み条約を批准した。続いて1999年にUNDP/GEFの支援で気候変動機能化プロジェクトを開始し、2002年8月に京都議定書を批准した。同国環境省は2003年に気候変動室を設置し、更に暫定的DNA(Interim Designated National Authority)を設置した。同国は環境保全と貧困対策を取り入れた経済発展を強化しており、地球温暖化対策も積極的に受け入れる姿勢である。森林を炭素シンクとして利用することにも積極的である。しかし、関連する法整備は始まったばかりで、規則や指示書には不備が多く改善の途上である。地球温暖化対策に関わる省庁には、環境省、農林水産省、水資源・気象省、土地利用・都市計画・建設省がある。持続的開発に関係する国家計画には、国家5ヶ年社会経済計画二次(2001~05)、貧困減少の中期戦略白書(2000)、国家環境行動計画(1998~2002)などがある。

## 3 事業地の自然および社会経済環境

### 3.1 事業地の自然環境

土壌の特性について、事業候補地とその周辺部の4地点でサンプルし物理・化学性を分析した。母岩は玄武岩でRhodic Ferralsolsと推測した。土性は排水性が良好であり、弱酸性または強酸性で、陽イオン交換容量は小さく肥沃度はやや低いが、pHを上昇さ

せると土壤養分の状態の改善は期待できる。土壤の物理性は一般的に良好で土壤構造が良く発達しており、浸透が良好で土壤侵食に対して抵抗性がある。水分欠乏は乾季においてもそれほど問題にならないと考えられる。土壤特性からみてゴムノキ栽培が可能であり、肥沃度は低いが施肥による効果は期待できる。ただし、ゴムノキ栽培の限界標高が 800m といわれており、本候補地の標高では生育速度はそれほど大きくはないと予想される。

潜在植生分布では、この高原地帯は元来は熱帯常緑林、または熱帯半常緑林が成立していたと推察される。現存の植生は次の 4 つに分けられる：完全な草地、疎な疎林（草地に低・中木が少し点在）、密な疎林（草地に樹木が多く点在）、高木閉鎖林（谷筋・川筋や村落周辺に残存）。植林可能地の面積を推定するために、衛星画像解析としてアスター画像のフォールスカラーを利用した。植林可能地を樹冠が密な森林及び人工物を除外した土地（草地、疎林）とすると、コンセッション面積は 11,408ha、そのうち植林可能面積が 7,616ha であり、コンセッションの 66.8%であった。

### 3.2 事業候補地の地域住民の情況

行政区では、植林場所の大部分はウー・リアン地区にあり、一部がセン・モヌロム地区にあり、ここには 6 つのコミュンと 21 の村が含まれる。そのほとんどが、焼き畑や火入れ放牧を主な生計とする少数民族で成り立つ。主な民族は、プノン、クメール、トウム・ポウン、チャライ、スティアン、チャム等という少数民族である。この 2 地区には約 1,500 家族、約 10,000 人の住民が住んでいる。1 村あたりの家屋数は 20～80 家屋であり、村落全体の若い人口が増えている。村は少なくとも数世代にわたって同じ場所にあり、焼き畑などで生計を営んできた。

4 村の 5 家族に直接に聞き取り調査を行った。平均の家族数は 6～10 人で、主な生計は焼き畑耕作によって得られるコメ、野菜などの収穫物で自給自足をしているが、食料は不足しがちである。他に牛などの家畜をもっており、放牧し、草地に火入れして出る新芽を餌にしている。農業労働力の大半は家族労働で営まれ、村以外に町で賃金労働することは稀で、金銭収入という点では非常に低い。火入れは毎年乾季が終わる 3～4 月に行われ、5 月に陸稲を直播きし、12 月に収穫する。同じ土地で稲作する年数は約 1～3 年間で、収穫が減ると放棄して他の土地に移動する。耕作地は村から 1～数 km 離れている。

燃料は薪で、近隣の森林から採取する。水は天水タンクと井戸、川から得ている。電

気はほとんど使用していない。一般に村の近隣には森林や河畔林が残っており、森林産物として木材、薪、特定の樹脂、樹液、竹、ラタン、蜂蜜、野生動物（主にシカ、イノシシ）、野生のイモなどを利用する。生活習慣は民族グループによって異なる。宗教では大半がアミニズム（自然信仰）であり、稲が成長する前や収穫後に精霊に祈ったり、結婚の際に牛を殺し祝宴を催す伝統がある。他に仏教徒、クリスチャン、イスラム教徒もいる。新しい事柄を決めなければならないときは、村の長老が集まって決める。

### 3.3 利害関係者の事業に対するコメント

この事業に関連する住民および中央政府や州政府の関係機関などと面会し、ヒアリングを行った。

村人からは総じて反対の意見は出ておらず、ゴムノキ植林事業に現金収入の機会を得て、生活の向上を期待する意見が多かったが、焼き畑地と牧草地の確保を要求する声はある。一方、住民からは生活基盤である道路、水、電気の整備や教育、医療等の充実を求める声も高く、伝統的な村落で若い世代が増えてきており生活に対する考え方も変化してきている。住民にとっては事業が現実味を帯びていないので、具体的な不安がまだ出ていないと考えられるが、土地の確定には慎重を要する。方策として、住民の焼き畑と火入れ放牧を一定制限しながら、その代償として家畜の共同飼育として牧草地の育成や、集約的栽培法の導入援助、ゴムノキ樹脂採取の分収管理を行うことによって住民の収入増加を図る方法が考えられる。

州当局では第一副知事、農林水産局長などの関係機関代表者と面談した。関係者は本事業に関心が高く、基本的に事業と投資を歓迎する意見が多い。政府の貧困削減政策に合致することもあり、優先事業と認めている。また、道路と電気などのインフラ整備、人材育成に貢献し、同州の全体的発展の引き金になることを期待している。

中央の農林水産省では、事業によるカンボジア側のメリットとして4つと指摘があった；a) ゴム輸出による税収、b) 地方に仕事ができる、c) 農産加工業の進展による産業の高度化、d) 草地を降雨の破壊から守る。環境省で指摘された点は次の通りである；植林事業の持続性の維持管理、地域住民の生活のバランスの維持と具体的方策、獲得した炭素クレジットの分割方法、環境影響評価（EIA）の調査対象の検討。

我々の事業構想と CDM 事業について、現地の理解を深めてもらうために首都プノンペンで、2003年9月と11月に CDM セミナーを2回にわたって開催した。

## 4章 ゴムノキ植林の技術およびコストの検討

### 4.1 ゴム農園の造成

#### 4.1.1 採穂園

採穂園は、接木苗用の接ぎ穂を採取する為に優良クローンの挿し木を行って造成する。接ぎ木に適切な接ぎ穂を作る為には、適切な採穂園を作る必要があり、実際に植林する1年か2年前に造成する必要がある。植採間隔(1 x 1m)で、1ha当たり10,000本挿し木する。1haの採穂園からは、苗畑約2ha分の接ぎ穂を採取することができる。カンボジアでは採穂園用にGT1、RPIM600、PB260、IRCA18の4つの代表的なクローンが使用されている。

#### 4.1.2 苗畑

苗畑は、ビニールポットの中で種子から育てた若木を台木として、採穂園から採取してきた接ぎ穂を接ぎ木した接木苗の育苗を行う場所である。苗畑を作る場所の条件としては、1)肥沃な土壌と水はけのよさ、2)灌漑のために水源から近いことである。

#### 4.1.3. 植栽

植栽に際しては事前に用地の整備が必要であり、地拵えとして灌木並びに草の刈り払い、場合によっては耕運を行う。この作業は植栽時期である雨季が始まる前の乾季に行う必要がある。植栽は、5月中旬から7月末までの雨季におこなわれる。植え付けは苗木の小枝を切り落とし、根を切りそろえてから行う。補植は、少なくとも植林後2~3週間で行なわれるが、その後も2年間は、苗畑に残っている同じ種類で同じ年数のクローン苗で補植を行うのが望ましい。

#### 4.1.4 保育

植栽直後は、土壌の表面は日照にさらされることにより疲弊し、雨による表土流出が起こりやすい。同時に雑草が生えてきて養分を奪う為、除草には特に気をつけなければならない。除草と同じくらいに重要なのが施肥であり、適切な施肥によって初期成長を促し早期に樹液採集ができるようにすることで、事業収益の向上を図ることが望まれる。保育期間は、気候や選定したクローンにもよるが最低5~6年は必要である。

#### 4.1.5 植林と保育のコスト

1ha当たりのゴムノキの0~6年目までの植林と保育の予想コスト(1haあたり単価)単価は2,460USドル/haで、7,600haの植林を行った場合の予想コスト合計は18,696千USドルとなる。



## 4.2 ゴム樹脂の採集

### 4.2.1 1つの農園でのゴム開拓の為の必要条件

前述の通りゴムノキは植林してから成長するまで5~6年かかる。クローンの性質や保育方法、及び環境条件（土壌や気候）等の要素により誤差はあるものの、早ければ4~5年、通常なら7年で最初の最終（切り込み）時期を迎える。通常、作業員1人で250~300本に切り込みを入れられる。地形が悪かったり切り込みパネルの高さが高かったりすると150~180本程度しかできないこともある。

### 4.2.2 切り込み

水平に対して30°の角度で左から右下の方向に傾斜を付けて、半らせん状（1/2S）の切り込みを連続的に入れる。

### 4.2.3 成果

クローンは生産性を決定する中核要素である。高い生産性を得る為、a.高品質のDRC（乾燥ゴム）で高い生産性を維持できること b.病気、風害、害虫及び葉の病気に対する抵抗力があること c.日照り、肥沃でない土壌及び高地に対する抵抗力があることを考慮して決定する必要がある。

### 4.2.4 切り込みの頻度

切り込みの頻度は樹皮の痛み方や（ゴム樹脂を生成する）寿命にも影響を及ぼす。今日では様々な切り込み（毎日、隔日、3日に一度、4日に一度）の頻度が採用されている：

最近では、木の痛みや乾燥を避ける又労働負荷を軽減する為、切り込みの頻度は刺激剤や肥料の使用と相まって減ってきている。カンボジアのゴム企業では、S/2d/3（3日に一度2つの半らせん状の切り込みを入れる）が採用されている。

### 4.2.5 切り込みの時間帯

ゴム樹脂の流出は朝の早い時間帯に最大になる為、通常朝一番の日の光で切り込みを行う。切り込みは幹が乾いている木のみに行う。湿った木の場合切り込み部分からゴム樹脂が滴り落ちて損失になることと、病気伝染の恐れがあり望ましくない。

### 4.2.6 ゴム樹脂の採集の時期

ゴム樹脂は切り込みから3~4時間後に流出が止まるが、流出が止まり次第できるだけ早く採集する。もし採集したゴム樹脂に凝固の兆候が見られたら、その場で抗凝固剤

を使用する必要がある。早すぎる凝固を防ぐ為に、ゴム樹脂は採集後できるだけ早く工場に搬送する。採集したゴム樹脂はタンクに入れトラクターで牽引する。

#### 4.2.7 ゴム農園造成・保育及び運営に必要なインフラ及び設備

必要なインフラ及び車両・設備は次の通り。

従業員住居、井戸（生活用）、学校、健康管理センター、発電設備（生活用）、風力・太陽光・バイオマス等の再生可能エネルギーを使用、事務所、倉庫・研究室、ブルドーザー、トラクター、トラック、ミニトラック、ピックアップキャビン、掘削機、フォークリフト、タンク等

### 4.3 ゴム樹脂の販売収入

#### 4.3.1 カンボジアのゴム産業概況

##### 1)CSR（カンボジア指定ゴム加工品）について

###### 1.等級構成

カンボジアの自然ゴム製品は CSR(Cambodian Specified Rubber)と呼ばれる。酸で凝固したゴム樹脂は CSR3L、CSRL、及び CSR5 に加工され、一般剤は CSR10 及び CSR20 になる。

##### 2)NR（天然ゴム）製品に関するマーケティング

最近ゴム樹脂クレープゴムとして知られるカンボジア製ゴムブロックは年間約 40,000t 生産され、その殆どがマレーシア、シンガポール、ベトナム等に輸出されている。そこで更に特殊加工された後ヨーロッパやアメリカに輸出されている。

カンボジア製ゴムブロックの価格は、国際価格より 15～20%低い。RRIC（カンボジアゴム研究機関）は 2002 年 1 月より IRRDB（国際ゴム研究開発機構）に加盟したが、CSR は国際的にまだ十分認知されていないことが原因とされる。しかしながら、CSR の価格は近い将来には他国製品と同等レベルになることが期待される。

尚、2003 年のゴムブロックの国際価格は 1,300～1,400US ドル/t である。

#### 4.3.2 ゴム樹脂の販売収入

##### 1)販売するゴム樹脂の定義

通常カンボジアではゴムブロックの状態では流通しているが、今回の事業性調査ではゴム樹脂（採集したゴム樹脂材）の状態での販売する前提で販売収入を試算する。ゴム樹脂は採集場に隣接する加工工場で引き渡されることとする。

ゴム樹脂はゴムブロックより約 30%安く取引されていることから、今回のゴム樹脂の

予想販売価格は 728US ドル/t (国際価格: 1,300US ドル x 80% x 70%) とする。

### 4.3.3 事業収支計算

#### 1)前提条件

- ・ 事業期間: 2005 ~ 2039 年 (35 年間)
- ・ 資金調達: 本事業遂行に必要な資金は各民間企業・団体による出資金で賄う。
- ・ 減価償却費: ゴムノキ及びインフラ (施設) は 20 年、設備は 7 年で計算。
- ・ 人件費: 現地従業員の定昇率は 3%、日本人駐在員の駐在コストは定昇無。

#### 2)IRR (内部収益率) 計算

上記前提条件にて計算したエクイティ IRR 及びプロジェクト IRR は以下の通り。

- エクイティ IRR (期間 35 年): 5.1% (含残存: 7.8%)
- プロジェクト IRR (期間 35 年): 5.1% (含残存: 7.0%)

#### 3)考察

本事業にかかる総投資額は 36 百万 US ドル、単年度黒字化が 2019 年 (事業開始から 15 年後)、累積黒字化が 2033 年 (事業開始から 29 年後) である。

このように、投資額が多額であり且つ初期投資後 15 年もの間一切のリターン (収益) が見込めない割には、本事業における収益性は低く、通常の投資案件として捉えると、本事業単独での実現性は無いと思われる。

## 4.4 ゴムノキの成長量の推定

### 4.4.1 成長量の測定方法

ゴムノキの成長量の測定方法としては、一般的な建築用材、紙パルプ用材として利用される植林樹種の成長量測定と同様に、林分ごとにサンプルプロットの胸高直径と樹高を測定し、樹幹解析から求めた材積式によって求めることができると考える。

又、CO<sub>2</sub> 吸収源として成長量を捉えた場合、枝葉の成長量を加えると共に地下部の成長量も考慮する必要があり、可能であれば樹幹解析と併せて幹に対する枝葉と地下部成長量の比率を測定解析する。

### 4.4.2 成長量の推定

2003 年 11 月の現地調査の際に、ブノンペンからモントギリ高原へ向かう途中にあるスヌールのゴム植林地で、6 年生、9 年生、43 年生の胸高直径ならびに樹高の測定を行いマレーシアのマラヤ・ゴム研究所の調査報告 1) にゴムノキの根、幹、枝、葉の重量測定が報告されており、参考までにその数値との比較を行った。

地上部の成長量として幹の材積だけを使用するのでは、余りにも控えめすぎると考え、本報告ではマレーシアのマラヤ・ゴム研究所の調査報告を参考に、林齢区分毎に枝と地下部の幹に対する重量比率を設定する。但し、気象等諸条件の違い並びに測定の実誤を十分に考慮し保守的に設定した。

次に成長曲線についてであるが、もちろんゴムノキに関する成長曲線はどこを探しても見つけることはできなかった。前述のマレーシアのマラヤ・ゴム研究所の調査データを元に成長曲線を仮定することはできるが、データがかなり過大で場所等の条件が大きく違うと思われることから、3林齢分のデータしかないが条件的に対象地のモントグリ高原に近いと思われるスヌールの調査データを基に成長曲線を推定した。

3年分のデータだけでは相似曲線を引くことは現実でない為、それぞれの測定年次の間は滑らかなS字カーブになるよう、推定によってデータを補充した。データの補充に関しては、10年生までは徐々にCAIが上昇、11年生から20年生までは10年生時のCAIの横這い、21年生からは徐々にCAIが低下とした。次に、各年次の単木(幹)材積に重量比率を考慮し枝、葉、根を含む成長量を計算した。

対象地は標高が600m以上あり、気候としてゴムノキの適正気温の下限域に近いと思われる。又、焼畑等によって長期間に亘って草地となっていた為養分の溶脱が進んでいると予想され、施肥によってある程度カバーできるものの、ゴム植林適正地域と比較して成長性が落ちると予想される。従い、スヌールでの調査結果をベースとした成長予測値より30%割引いて対象地の成長予測と設定した。

この図の成長曲線の多項式は、

$$1 \sim 10 \text{ 年生} : y = 0.1457x^3 - 1.1615x^2 + 3.6977x - 2.6483$$

$$11 \text{ 年生} \sim : y = -0.008(x-9)^3 + 0.0614(x-9)^2 + 20.919(x-9) + 41.184$$

{ y = 成長量 ( 枝・根を含む ) , x = 植栽後の年数 }

となっている。

## 5 CDM 事業としての効果と評価

### 5.1 事業実施期間、クレジット獲得期間および追加性

事業実施期間は、ゴムノキの植林-伐採-改植のローテーションを35年とし、2回のローテーションを想定して70年間とする。クレジット獲得期間は、35年の植林ローテーションよりも短期間となる最大30年(更新なし)を選択する。本ゴムノキ植林事業では短期の期限付きクレジット(tCER: Temporary CER)を選択する。

本植林事業の収益性評価を IRR (内部利益率) でみると事業開始後 35 年断面で 5.1% (クレジットによる収入なしとして) しかなく、出資者や融資者の収益性に関する投資判断基準 (たとえば最低 15%) を満たしていない。この収益性の低さは本事業実施に関するバリア (投資の障害) の一つであり、通常の事業 (BAU) では実現しないと予想されるので、CDM 事業としての追加性は主張できると考えられる。

## 5.2 ゴムノキ植林地のベースライン

土地利用変化については、近隣には同様なゴムノキ植林事業は存在せず、また、中央政府や州政府も当地でのゴムノキおよび他の特用林産物の植林計画をたててはいない。さらに、長年に亘り放牧と火入れを繰り返している現在の土地利用が、将来的にもそのまま継続すると予測した。

植生ベースラインのバイオマスにおいて、草本と灌木の現存バイオマスおよび成長量を推定した。草本バイオマスは刈り取り法を用いて実際に定量した。灌木バイオマスは胸高直径と樹高を測定し、タイ北西部の森林を研究した Ogawa, H. et al. (1965) の相対成長式を利用して算出した。灌木が僅少な草場で 7.46 t-dw/ha、灌木が分散する草地里では 13.66 t-dw/ha と試算した。草本の年成長量は、乾季に枯死して年成長量は 0 (ゼロ) とし、全部が枯死して脱落し分解するとした。灌木の年成長量はタイ北西部の森林を研究した Kira, T. et al. (1967) を利用し、初期バイオマスに対して平均年増加率を 1.6% とした。したがって、成長量は灌木が僅少な草場で 0.003 t-dw/ha.yr、灌木が分散する草地里で 0.0994 t-dw/ha.yr と試算した。

## 5.3 温室効果ガスの吸収量の試算

バウンダリー内での排出は、植林事業において使用する車両・機材の化石燃料消費について推定した。日本での土木工事現場の機材による燃料消費 (CO<sub>2</sub> 排出量換算標準値) を適用して、植林事業時の重機による年間 CO<sub>2</sub> 排出量を 0.47 t-C/ha と試算した。

リーケージについては、次のマイナスとプラスを予測した。マイナスの影響は農民の従来の土地利用である焼き畑、放牧地の利用面積が減少し圧迫されることにより、事業地以外の土地で活動する可能性がある。閉鎖林自体が少ないので、草地・疎林への火入れ活動の頻度が高まる可能性がある。ただし、対象地内の自然林は保全のため植林対象から除外しているので、住民が事業境界外に燃料木の採取に移動する可能性は小さい。プラスの影響は、事業地外の住民がゴムノキ植林事業へ労働力 (直接雇用または分収) として参画することによって、従来の移動耕作や放牧のための火入れ活動の頻度が減少

する可能性もある。リーケッジによる GHG ガス変化量は推定していない。

CO<sub>2</sub> ガスの収支について、ゴムノキの成長量からベースラインの現行植生（草地、疎林）バイオマス成長量および事業時の機材稼働 CO<sub>2</sub> 排出量を差し引いて、炭素収支を計算した。クレジット期間 30 年目で 2,903,124 t-CO<sub>2</sub>、最高時(35 年目)で総計 3,509,347 t-CO<sub>2</sub>、第 1 約束期間内(2008 - 20012 年)はマイナスになる。伐採がはじまり 11 年目からクレジットを獲得し、5 年ごとに更新すると CO<sub>2</sub> 量は次の通りになる。11 年目(2015 年)39,377 t-CO<sub>2</sub>、16 年目(2020 年)642,051 t-CO<sub>2</sub>、21 年目(2025 年)1,497,500 t-CO<sub>2</sub>、26 年目(2030 年)2,316,274 t-CO<sub>2</sub>、30 年目(2034 年)2,903,124 t-CO<sub>2</sub>。

#### 5.4 費用対効果 (Cost-efficiency)

7,600ha の植林を行った場合の予想コスト合計は 18,696 千 US ドルとなり、CO<sub>2</sub> ガスの収支はクレジット期間 30 年目で 2,903,124 t-CO<sub>2</sub> となるので、クレジット期間 30 年での費用対効果は、6.44 US ドル/t-CO<sub>2</sub> である。

#### 5.5 現地のキャパシティビルディング (CB)

利害関係者への CB の形成では、特に事業候補地内の少数民族との対話が必要である。州政府を交えた地元住民とのコンセンサスを得るための場と、協議チームをつくることが重要と考えている。ホスト国が CDM 受入れに必要な制度面での CB は、環境省内に DNA が設置され、環境省の企画・法制局および局内の気候変動室が対応し、農林省は吸収源については関わる意欲をもっている。但し、組織と法令はできたばかりで十分には機能しておらず、今始まったばかりである。一方、CDM に対するホスト国関係者の関心と期待は高いので、事業主体が CDM に関する国際的動向、日本の動向、技術的手法などの情報を積極的に交換することも効果的である。

#### 5.6 直接・間接の環境影響

カンボジアには「環境保全および天然資源管理に関する法令 (1996)」と「環境影響評価 (EIA)実施に関する法令 (1999)」があり、規準以上の全ての事業は EIA を実施することになっている。ただし森林伐採開発や農園開発については明記されているが、植林事業開発については明示されていない。農園開発については、10,000 ha 以上は EIA 実施の対象になっているため、ゴムノキ植林事業も同様に扱われる可能性があり、その場合は EIA の実施を義務づけられる。今後、環境省などと継続協議が必要である。

#### 5.7 モニタリングの方法

本植林事業に適用可能な承認済みのモニタリング方法論はない。標準的な林学手法に

従い、以下の CO2 吸収量のモニタリング調査を計画している（実行可能性を検討中）。  
1) モニタリング調査プロット設定による成長量調査、2) 成長量測定、3) 伐倒調査、4) 調査時期は、地上部バイオマス調査を毎年 1 回、地下部バイオマス調査を 5 年に 1 回、それぞれ現地の乾季に実施する。

#### 5.8 事業の持続可能性

本件は、早成樹植林のような短伐期ではなく樹木の成立年数が長く、またその期間にゴム樹脂の採取による収入が見込まれる。さらにゴムノキ成木の伐採後の木材利用を考慮すると、多面的な事業を考えることができ、植林事業としての持続性は高いといえる。ゴムノキ事業の関連産業への波及効果もある。

#### 5.9 事業の実現可能性（Feasibility）と今後の課題

モントグリ州は開発の遅れたところであり、中央政府としては社会・経済的な意味からも積極的な持続的開発事業の創設を強く期待している。州政府も同様な期待をもっている。又、CDM 事業に対して同国政府は非常に前向きである。ホスト国としての対応は好環境である。また、今後に取り組む課題は次の通りである。1) ゴムノキ成長量の推定精度の向上、2) ベースラインとしての植生分布の把握、3) 住民意識の動向把握、4) 植林およびゴム採取事業のコスト、5) 他の産業セクターの発展との関わり、6) インフラ、特にエネルギー利用との関わり。

#### 5.11 PDD の作成

PDD を作成した。